

基礎地盤調査に用いる各種サウンディングについて

○正 員 北海道開発局土木試験所 北 川 光 雄
同 上 佐 田 頼 光
同 上 野 並 光 昭

1. ま え が き

構造物の基礎地盤となる土は、大別してレキ・砂・シルト・粘土・泥炭などであり、一般のものはこれらのものが多い積して互層をなしている。ある地盤に構造物を造ろう

とする場合には、その地盤がどんな特性、構成を持っているかを適確に知ることが非常に重要である。このための基礎地盤調査として物理学的地下探査や、ボーリング、サンプリング、あるいはまた土の強さの原位置試験が行なわれる(表-1参照)。

表-1 基礎地盤の調査方法

目 的	方 法	基 礎 地 盤	
		地 表 近 く	地 中
土層の構成調査	直 接 的 方 法	ボーリング	
	間 接 的 方 法	物理学的地下探査	
土の性質の試験	間接的原位置試験	衝撃式地耐力試験など	物理学的地下探査
	直接的原位置試験	載 荷 試 験 等	サウンディング
	乱さない試料採取	乱さない試料を採取して室内で試験	

表-2 サウンディング方法

試験方名称	荷重	操 作	ロッド	土の抵抗を受ける先端部分			測 定		備 考
				形	径	断面積	求められる値	単位	
標準貫入試験	動的貫入	63.5kgの重錘を76 cm 落とす打撃で貫入させる	単管	レイモンドサンプラー	外径5.1 cm 内径3.5 cm	10cm ²	30 cm の貫入に要する打撃回数	回/30 cm	玉石以外の土質に適用できる
二重管式コーンペネトロメーター	静的貫入	人力により押し込む	二重管	30° コーン	5.1 cm	20cm ²	10 cm の貫入に要する先端抵抗	kg/cm ²	軟弱な粘性土、泥炭に適用できる
オランダ式貫入試験		油圧により押込む		60° コーン	3.5 cm	10cm ²	7 cm の貫入に要する先端抵抗		粘性土、砂質土に適用できる
スウェーデン式貫入試験	回	100kg 載荷重をのせて手動でねじりながら貫入させる	単管	スクリュース端	3.3 cm	8.5cm ²	25 cm 貫入に要する半回転数	半回転数 m	玉石以外の土質に適用できる
ベーン試験	転	垂直軸の回りに手動で極めて緩速に回転させる	二重管	十字翼	幅5.5 cm 高さ11.0 cm	—	セン断強さ	kg/cm ²	泥炭、やわらかい粘性土以外には困難

サウンディングとはこの中で用いられる原位置試験方法の一つで、現地の自然状態にある土質の工学的性状をサンプリング土質試験という方法によらないで、現地で自然の

あるままの位置・深さ・状態で、地表から比較的簡単な操作によって直接調べる試験方法である。

本文は筆者の研究室で用いられている 表-2 にあげたよ

うなサウンディング方法につき、1級国道40号線円山地内の軟弱地盤において実施した測定結果と相互の相関性について述べたものである。

2. サウンディング方法の種類

サウンディング方法の種類を考える場合に、サウンディングを行なう方法から考えると動的貫入（たとえば標準貫入試験）、静的貫入（オランダ式貫入試験）、回転（ベーン試験）、引抜き（イスキュメーター）などがあり、土の抵抗を受ける先端部の形については、レイモンドサンプラー・コーン・スリーブ付コーン・スクリー端・角錐端・ベーンなどがある。標準貫入試験の場合のようにロッドがボーリング孔内にある場合以外は、ガイドパイプを用いてロッドの周辺摩擦の影響を除去するようになっているのが普通である。また外管に特別のスリーブを付けて、これを押し込むときの周辺抵抗を別に測定することも行なわれている。表-2には筆者の研究室で現在よく用いられている、サウンディング方法の細目を一括して示した。

3. サウンディング実施例

図-1～図-3は1級国道40号線円山地内（天塩町字円山、地表の標高10.50m）の泥炭性軟弱地盤において、各種サウンディングを比較実施した測定例である。

この地点の表層泥炭は厚さ約5mで、その下に約2.30m

の粘土層があり、この間はきわめて軟弱な層をなしている。7.30m以下に厚さ3.80mの細砂層がありその下に1.50mほどの粘土層がある。この層を過ぎると2.10mの細砂層があり、深さ14.70mでやや固い厚さ3.80mの粘土層とな

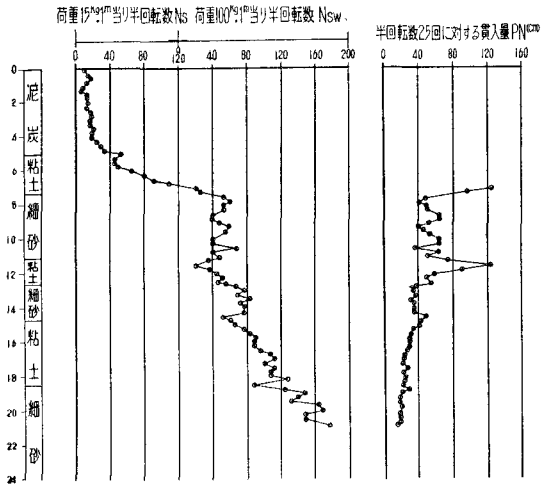


図-2 スエーデン式貫入試験結果

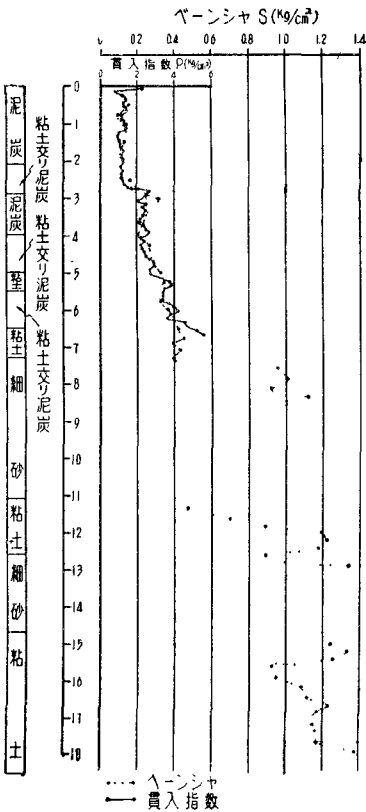


図-3 二重管式コーンペネトロメーターとベーン試験結果

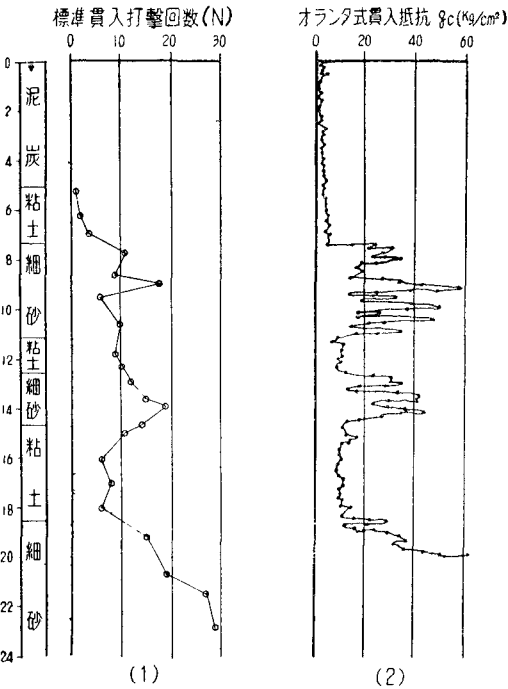


図-1 標準貫入試験とオランダ式貫入試験結果

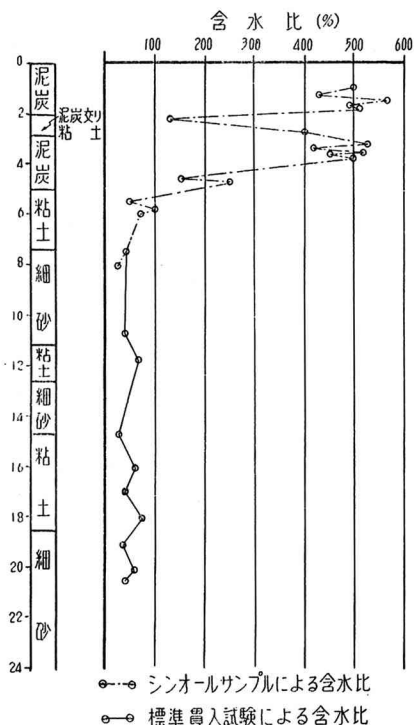


図-4 含水比測定結果

り、18.50 m でまた細砂層となり 24 m まで続いている。これらの土層の区別はサウンディング結果や 図-4 の含水比の分布をみても明らかである。

4. 各種サウンディング結果の検討と それらの相 関 性

(1) 標準貫入試験

現場で最も普通のサウンディング方法として広く利用されている。土質に対する適用範囲としてはごくやわらかい粘土を除いては、粘土から密な砂層まで普通の土層に対して広く適用されており、測定結果から土質工学的な設計に用いる土の強さの常数も、粘性土における粘着力や砂質土における相対密度、内部摩擦角など数多く発表されている(写真-1 参照)。

図-1 (1) に見られるように深さ 7.30 m までの泥炭および軟弱粘土層で、標準貫入試験を行なうことは不適當であるが、7.30 m 以下の細砂層や粘土層では適しており、細砂層においても締めり方の相異のあることがはっきりし、軟弱硬質層の位置を明確に把握することができる。

一般に粘土の一軸圧縮強度 q_u と標準貫入試験打撃回数 N の関係は $q_u = N/8$ で表わされているが、本地点で行なったサンプラー試料の一軸圧縮強度 q_u と N 値の関係は試料数が少ないが 図-5 に示すとおりである。この試験によ

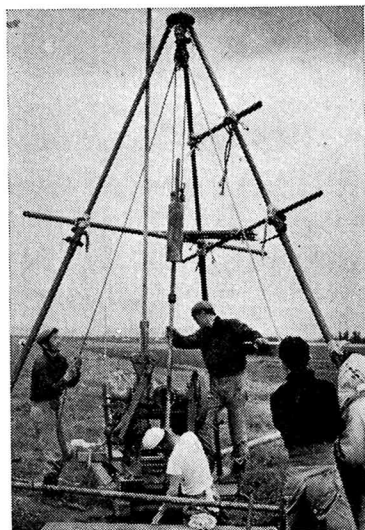


写真-1 標準貫入試験

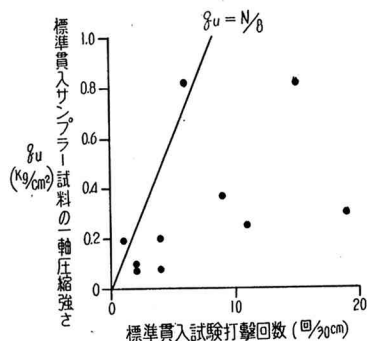


図-5 標準貫入試験とサンプラー
試料の一軸圧縮強さの関係

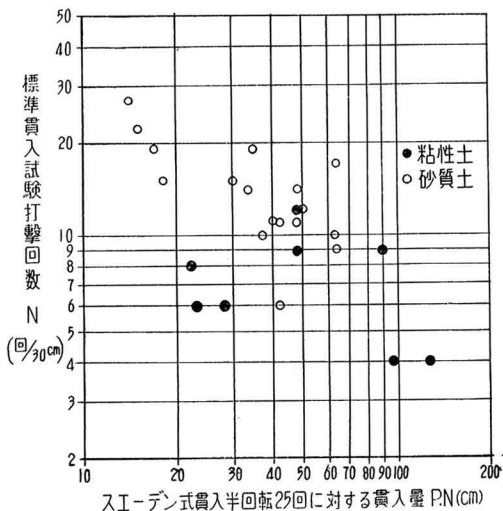


図-6 標準貫入試験とスウェーデン式
貫入試験との相関性

って得られる q_u の値は試料がかなり乱されているものであり、著しく低いから不攪乱試料について求めなければならない。図-6 には標準貫入試験打撃回数 N とスウェーデン式貫入による半回転 25 回に対する貫入量 $P.N$ との関係を示す。測定値が相当にばらついており、はっきりした関係は求められなかった。

(2) 二重管式コーンペネトロメーター

筆者の研究室で泥炭層に適用を試みた静的貫入試験機で構造は非常に簡単で、操作が容易である。比較的浅い泥炭あるいはきわめて軟弱な粘土を主体とする軟弱地盤の調査に適している (写真-2 参照)。



写真-2 二重管式コーンペネトロメーター

図-3 に示すように 7 m 程度までのサウンディングに用いており地表から 10 cm ごとに連続してコーン抵抗 (貫入指数と呼ぶ) を求めることができる。

また 図-3 にはベーンテスターによるセン断抵抗値を併示してあるが、深部に至るまですこぶる良好な対応関係を示している。二重管式コーンペネトロメーターによる貫入指数 P とベーンシャ S との関係は 図-7 に示すとおり大略 $P=10S$ となり、一般に粘質土の場合にいわれているもの

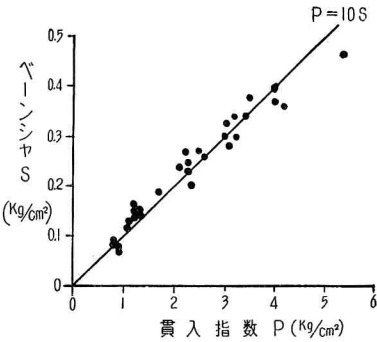


図-7 二重管式コーンペネトロメーターとベーン試験との相関性

とよく一致するので、この地点の泥炭性地盤の場合にもこの関係を適用してさしつかえないようである。

(3) オランダ式貫入試験

オランダではこの貫入抵抗 q_c (kg/cm²) を測定し、クイ基礎支持力の設計に多く用いられているようであり、最近わが国でもこの試験方法の利用が行なわれている。写真-3 は筆者の研究室で使用しているオランダ製の能力 2 t の貫入機を示す。

測定値は 図-1 (2) に見られるように 7 cm 間隔に連続して得られるのが特徴で、ボーリング結果だけからではあまり性質の差のわからない細砂層中にも、この試験方法によればかなり顕著な締めり方の相異のあることが、はっきり認めることができる。適用範囲としては泥炭層とか粘土層にも利用できる

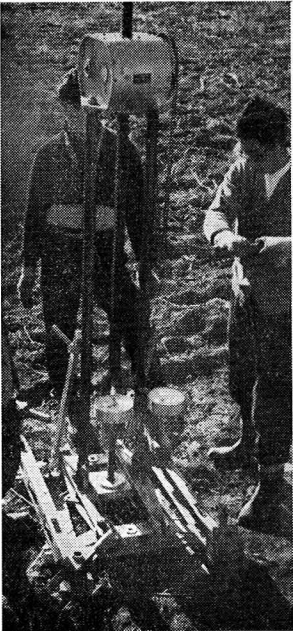


写真-3 オランダ式貫入試験

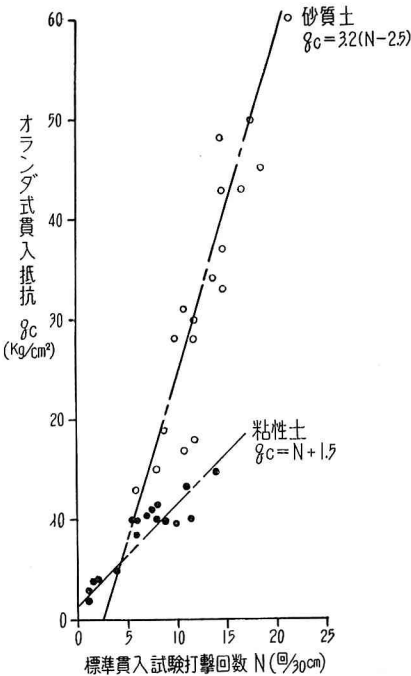


図-8 標準貫入試験とオランダ式貫入抵抗との相関性

が砂層中の適当な位置にクイの先端を置きたいような場合の調査には不連続な標準貫入試験に比較して連続的なデータの得られるこの方法が有効である。

図-8に標準貫入試験との相関性を示した。これによれば大体次のような関係が得られた。

粘性土に対しては

$$q_c = N + 1.5$$

q_c : オランダ式貫入抵抗 (kg/cm^2)

N : 標準貫の打撃回数 (回/30 cm)

砂質土に対しては

$$q_c = 3.2 (N - 2.5)$$

(4) スエーデン式貫入試験

この試験は最も簡単な装置と操作にもかかわらず迅速に地表から 20~30 m 程度まで連続的なサウンディングが可能である。砂質地盤でも粘土質地盤でも使用でき、相対的な強度のおおよその判定ができるのが最大の利点である。

(写真-4 参照)



写真-4 スエーデン式貫入試験

予備的な調査あるいは標準貫入試験の補助的手段としての利用価値は大きいと思われる。しかしロッド部分の摩擦抵抗が構成土層によってある程度測定値に影響するようであるから注意しなければならない (図-2 参照)。

筆者の研究室では 25 cm 貫入するに要する半回転数を数えてこれを 4 倍し、1 m 当りの半回転数に換算して地盤の硬軟を表わしている。また泥炭性軟弱地盤などでは 100 kg の載荷重に耐えられない場合もあり、このようなときは載荷重を 15 kg に減じて測定する方法を試みている。

図-9 にスエーデン式貫入抵抗 N_{sw} (25 cm 貫入の半回転数より、1 m に換算した値) と標準貫入打撃回数との関係を示した。

粘性土に対して、または $N_{sw} < 90$ のときは

$$N = 1/4.4 N_{sw}$$

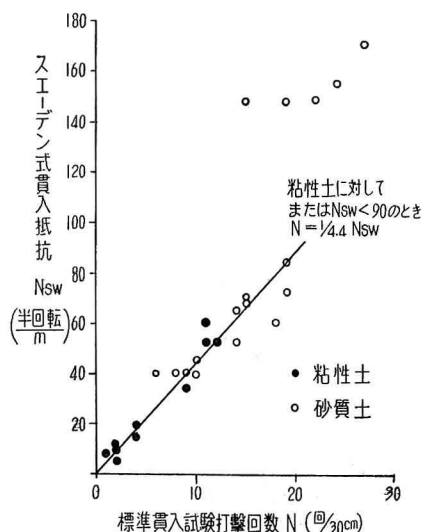


図-9 標準貫入試験とスエーデン式貫入抵抗との相関性

となった。 $N_{sw} > 100$ についてはデータが不足なので求められなかった。

スエーデン式貫入抵抗 N_{sw} とオランダ式貫入抵抗 q_c との結果は図-10 のような関係を示し

粘性土では

$$q_c = 1/19 (N_{sw} + 100)$$

となった。砂質土については測定値が相当にばらついており、はっきりした関係は求められなかった。

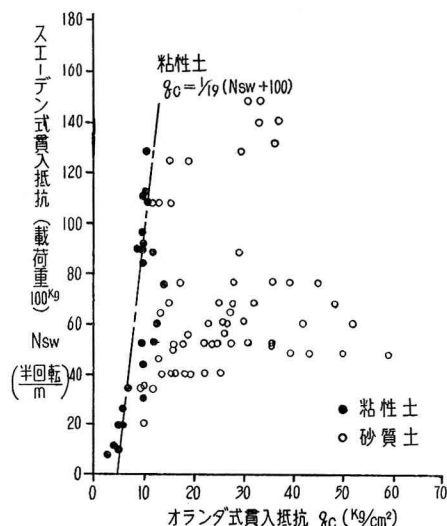


図-10 オランダ式貫入試験とスエーデン式貫入試験との相関性

図-11 には深さ 7.30 m までの泥炭層とやわらかい粘土層で行なったスエーデン式貫入抵抗 N_s (载荷重 15 kg, 25 cm 貫入の半回転数より, 1 m 当りに換算した値) とオランダ式貫入抵抗 q_c との関係を示した。载荷重を調整することによって泥炭や、やわらかい粘土でも適用できそうである。

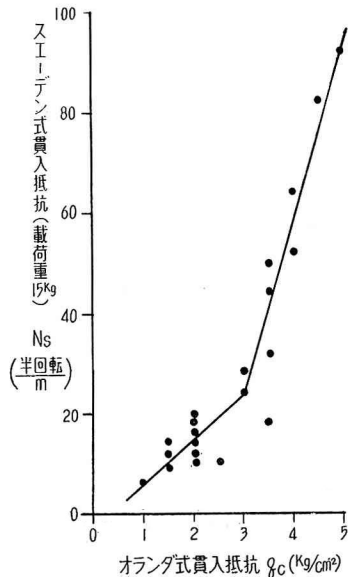


図-11 スエーデン式貫入抵抗とオランダ式貫入抵抗との関係



写真-5 ベーン試験

(5) ベーン試験

図-3に見られるように、泥炭や軟弱な粘土のセン断抵抗

を求めるには効果的であるが砂質土には適用できない。通常粘着力 0.5 kg/cm^2 以下の粘性土に適用して効果的な測定を行なうことができるといわれている (写真-5 参照)。

図-12 にはベーンシャ S とオランダ式貫入抵抗 q_c との関係を示した。泥炭および粘性土では大略

$$q_c = 10 \cdot S$$

となった。

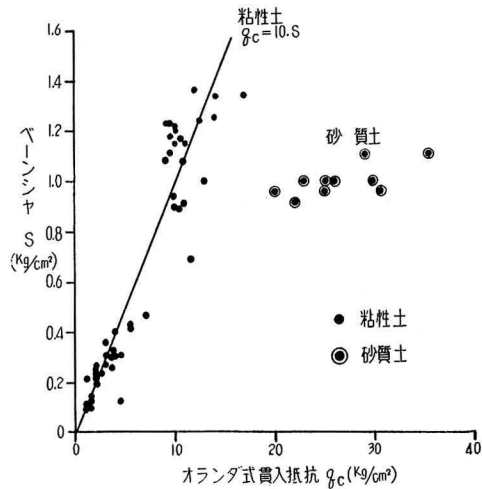


図-12 ベーン試験とオランダ式貫入抵抗との相関性

5. あとがき

以上は主として筆者の研究室で実施している各種サウンディングについての概要と、円山地内調査地点で得られたデータの相関性について述べた。本報文が現場で地盤土の強さを判定するサウンディングに際して参考になれば幸いである。

主なる参考文献

土質工学会：土質試験法解説第2集 (昭和34年2月)。
 宮川 勇：泥炭地の土質工学的調査研究 (北海道開発局土木試験所報告第20号, 昭和33年12月)。
 岩井喜八郎：オランダ式ペネトロメーターについて (大成建設株式会社技術研究部, 昭和34年8月)